

(43)公開日 平成13年6月12日(2001.6.12)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

H O 2 P 7/63  
21/00

識別記号

302

FI

H O 2 P 7/63  
5/408

テ-マコ-ト\*(参考)

302H 5H576  
A

審査請求 未請求 請求項の数23 O L (全 19 頁)

(21)出願番号 特願2000-231526(P2000-231526)

(22)出願日 平成12年7月31日(2000.7.31)

(31)優先権主張番号 特願平11-267499

(32)優先日 平成11年9月21日(1999.9.21)

(33)優先権主張国 日本(JP)

(71)出願人 000006622

株式会社安川電機

福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号

(72) 発明者 井浦 英昭

福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号

株式会社安川電機内

(72)発明者 山本 陽一

福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号

株式会社安川電機内

(74)代理人 100105647

弁理士 小栗 昌平 (外4名)

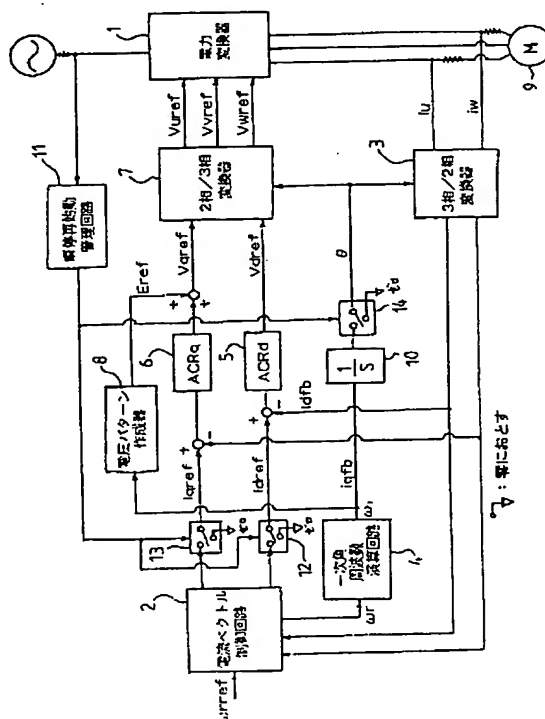
[最終頁に続く](#)

(54) 【発明の名称】 交流電動機の制御方法および制御装置

(57) 【要約】

【課題】 瞬停復帰後等に交流電動機の残留電圧の位相と角速度を精度良く測定して、迅速、且つ、スムーズに再運転できる交流電動機の制御方法を提供する。

【解決手段】 交流電動機 9 へ電力を出力する電力変換器 1 と、電流指令信号  $i_{dref}$ 、 $i_{qref}$  と電力変換器の出力電流検出信号  $i_{dfb}$ 、 $i_{qfb}$  の偏差信号に基づいて、電力変換器の出力電流を制御する電流制御部を備え、交流電動機がフリーラン状態にある場合に、交流電動機の電流をゼロするように強制的に瞬停再始動管理回路 11 により電流指令信号をゼロとして電流制御し、この時の電流制御部出力を用いて演算する出力電圧指令信号を基に、交流電動機の残留電圧の大きさと位相、角速度を求めて復電後の再始動を行うものである。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 交流電動機へ電力を出力する電力変換器を有し、電流指令信号と前記電力変換器の出力電流検出信号の偏差信号に基づいて、前記電力変換器の出力電流を制御する電流制御部を備え、前記交流電動機がフリーラン状態にある場合に、前記交流電動機の電流をゼロにするように強制的に前記電流指令信号をゼロとして電流制御し、この時の前記電流制御部出力を用いて演算する出力電圧指令信号を基に、前記交流電動機の残留電圧の大きさと位相および角速度を求めることを特徴とする交流電動機の制御方法。

【請求項2】 請求項1記載の交流電動機の制御方法において、前記出力電圧指令信号を基に前記交流電動機の残留電圧の位相および角速度を求める際に、信号保持手段を設け、交流電動機がフリーランする直前の位相指令信号と前記出力電圧指令信号の位相信号との加算値より前記残留電圧の大きさと位相および角速度を求めることを特徴とする交流電動機の制御方法。

【請求項3】 電力変換器で交流電動機へ任意の電力を出力し、前記電動機に供給される電流を電流検出回路で検出し、与えられた電流指令と前記電流検出回路で検出した電流検出値が一致するように電流制御回路で制御し、前記電流制御回路から出力する電圧指令から前記電力変換器のスイッチングを決定する制御方法において、始動時に前記電力変換器を正常に運転するように始動管理回路で管理し、フリーラン状態の前記交流電動機を速度を速度推定回路で推定することを特徴とする交流電動機の制御方法。

【請求項4】 請求項3記載の電動機の制御方法において、

前記始動管理回路は、強制的に電流指令を零にして、前記電流制御回路により、前記電流検出値を零にするような前記電圧指令を演算し、前記電圧指令の時間変化により、前記速度推定回路が前記交流電動機を速度を推定することを特徴とする電動機の制御方法。

【請求項5】 請求項3又は4記載の電動機の制御方法において、前記始動管理回路は、強制的に電流指令を零にして、前記電流制御回路により、前記電流検出値を零にするような前記電圧指令を演算し、その電圧レベルが設定された電圧レベルより低い場合には、電流指令値を零から設定されたレベルの直流電流指令を設定された時間印加した後、再度強制的に電流指令を零にして、前記電流制御回路により、前記電流検出値を零にするような前記電圧指令を演算し、前記速度推定回路が前記交流電動機を速度を推定することを特徴とする電動機の制御方法。

【請求項6】 請求項3～5のいずれか1項記載の電動機の制御方法において、

前記始動管理回路は、強制的に電流指令を零にして、前記電流制御回路により、前記電流検出値を零にするよう

な前記電圧指令を演算し、その電圧レベルが設定された電圧レベルより低い場合には、電流指令値を零から設定されたレベルの直流電流指令を設定された時間印加した後、再度強制的に電流指令を零にして、前記電流制御回路により、前記電流検出値を零にするような前記電圧指令を演算した場合にも、その電圧レベルが設定された電圧レベルより低い場合には前記速度推定回路が前記交流電動機が停止していると推定することを特徴とする電動機の制御方法。

【請求項7】 請求項1～6のいずれか1項記載の電動機の制御方法において、

前記始動管理回路は、強制的に電流指令を零にして、前記電流制御回路により、前記電流検出値を零にするような前記電圧指令を演算し、前記電圧指令の時間変化により、前記速度推定回路が、推定した前記交流電動機を速度と前記電圧指令の大きさと位相を初期値として交流電動機を始動することを特徴とする電動機の制御方法。

【請求項8】 請求項1～7のいずれか1項記載の電動機の制御方法において、

前記始動管理回路は、強制的に電流指令を零にして、前記電流制御回路により、前記電流検出値を零にするような前記電圧指令を演算し、前記電圧指令の時間変化により、前記速度推定回路が、推定した前記交流電動機を速度と前記電圧指令の大きさと位相を初期値として交流電動機を始動する際に、前記電力変換器の出力する電圧指令の大きさが、前記交流電動機を速度に対する正規の誘起電圧に相当する電圧レベルになるまで、徐々に電圧指令を増加していくことを特徴とする電動機の制御方法。

【請求項9】 交流電動機へ任意の電力を出力する電力変換器と、前記電動機に供給される電流を検出する電流検出回路と与えられた電流指令と前記電流検出回路で検出した電流検出値が一致するように制御する電流制御回路と、前記電流制御回路から出力する電圧指令から電力変換器のスイッチングを決定する制御装置において、始動管理回路とフリーラン状態の前記交流電動機を速度を推定する速度推定回路を有することを特徴とする電動機の制御装置。

【請求項10】 請求項9記載の電動機の制御装置において、

前記始動管理回路は、強制的に電流指令を零にして、前記電流制御回路により、前記電流検出値を零にするような前記電圧指令を演算し、前記電圧指令の時間変化により、前記速度推定回路が前記交流電動機を速度を推定することを特徴とする電動機の制御装置。

【請求項11】 請求項9又は10記載の電動機の制御装置において、

前記始動管理回路は、強制的に電流指令を零にして、前記電流制御回路により、前記電流検出値を零にするような前記電圧指令を演算し、その電圧レベルが設定された電圧レベルより低い場合には、電流指令値を零から設定

されたレベルの直流電流指令を設定された時間印加した後、再度強制的に電流指令を零にして、前記電流制御回路により、前記電流検出値を零にするような前記電圧指令を演算し、前記速度推定回路が前記交流電動機を速度を推定することを特徴とする電動機の制御装置。

【請求項 1 2】 請求項 9 ～ 1 1 のいずれか 1 項記載の電動機の制御装置において、

前記始動管理回路は、強制的に電流指令を零にして、前記電流制御回路により、前記電流検出値を零にするような前記電圧指令を演算し、その電圧レベルが設定された電圧レベルより低い場合には、電流指令値を零から設定されたレベルの直流電流指令を設定された時間印加した後、再度強制的に電流指令を零にして、前記電流制御回路により、前記電流検出値を零にするような前記電圧指令を演算した場合にも、その電圧レベルが設定された電圧レベルより低い場合には前記速度推定回路が前記交流電動機が停止していると推定することを特徴とする電動機の制御装置。

【請求項 1 3】 請求項 9 ～ 1 2 のいずれか 1 項記載の電動機の制御装置において、

前記始動管理回路は、強制的に電流指令を零にして、前記電流制御回路により、前記電流検出値を零にするような前記電圧指令を演算し、前記電圧指令の時間変化により、前記速度推定回路が、推定した前記交流電動機を速度と前記電圧指令の大きさと位相を初期値として交流電動機を始動することを特徴とする電動機の制御装置。

【請求項 1 4】 請求項 9 ～ 1 3 のいずれか 1 項記載の電動機の制御装置において、

前記始動管理回路は、強制的に電流指令を零にして、前記電流制御回路により、前記電流検出値を零にするような前記電圧指令を演算し、前記電圧指令の時間変化により、前記速度推定回路が、推定した前記交流電動機を速度と前記電圧指令の大きさと位相を初期値として交流電動機を始動する際に、前記電力変換器の出力する電圧指令の大きさが、前記交流電動機を速度に対する正規の誘起電圧に相当する電圧レベルになるまで、徐々に電圧指令を増加していくことを特徴とする電動機の制御装置。

【請求項 1 5】 請求項 3 記載の交流電動機の制御方法において、

前記始動管理回路は、強制的に電流指令を零にして、前記電流制御回路により、前記電流検出値を零にするような前記電圧指令を演算し、前記電圧指令が設定された電圧レベルより大きい場合には、前記電圧指令の位相の時間変化により、前記速度推定回路が前記交流電動機を速度を推定し、前記電力変換器を始動する時の初期値として、前記電圧指令の大きさと位相と前記交流電動機を速度推定値に相当する周波数を設定し、始動することを特徴とする交流電動機の制御方法。

【請求項 1 6】 交流電動機へ電力を出力する電力変換器を有し、電流指令信号と前記電力変換器の出力電流検

出信号の偏差信号に基づいて、前記電力変換器の出力電流を制御する電流制御部を備え、前記交流電動機がフリーラン状態にある場合に、前記交流電動機に任意の直流電流を設定した時間供給し、前記電力変換器の出力電流検出信号に表れる周波数成分を検出し、この周波数成分から前記交流電動機を速度を推定することを特徴とする交流電動機の制御方法。

【請求項 1 7】 請求項 3 記載の交流電動機の制御方法において、

10 前記始動管理回路は、強制的に電流指令を零にして、前記電流制御回路により、前記電流検出値を零にするような前記電圧指令を演算し、その電圧レベルが設定された電圧レベルより低い場合には、電流指令値を零から設定されたレベルの直流電流指令あるいは設定したレベルの直流電圧指令を設定された時間印加し、前記速度推定回路が電流検出値に表れる周波数成分を検出し、この周波数成分を交流電動機を速度と推定して、前記電力変換器を始動する時の初期値として、前記交流電動機を速度推定値に相当する周波数を設定して始動することを特徴とする交流電動機の制御方法。

20 【請求項 1 8】 請求項 3 記載の交流電動機の電動機の制御方法において、

前記始動管理回路は、強制的に電流指令を零にして、前記電流制御回路により、前記電流検出値を零にするような前記電圧指令を演算し、前記電圧指令が設定された電圧レベルより低い場合には、電流指令値を零から設定されたレベルの直流電流指令値に変更し、設定された時間印加し、その後電流指令の符号をと大きさを変更して、設定された時間印加する。このとき、前記速度推定回路が電流検出値に表れる周波数成分を検出し、この周波数成分を交流電動機を速度と推定して、前記電力変換器を始動する時の初期値として、前記交流電動機を速度推定値に相当する周波数を設定して始動することを特徴とする交流電動機の制御方法。

30 【請求項 1 9】 請求項 3 記載の交流電動機の電動機の制御方法において、

前記始動管理回路は、強制的に電流指令を零にして、前記電流制御回路により、前記電流検出値を零にするような前記電圧指令を演算し、前記電圧指令が設定された電圧レベルより低い場合には、電流制御することをやめ、任意の方向に直流電圧指令を設定された時間印加し、その後前記直流電圧の指令方向と  $180^\circ$  位相を変えた方向に任意の大きさの電流指令を与え、設定された時間再び電流制御する。このとき、前記速度推定回路が電流検出値に表れる周波数成分を検出し、この周波数成分を交流電動機を速度と推定して、前記電力変換器を始動する時の初期値として、前記交流電動機を速度推定値に相当する周波数を設定して始動することを特徴とする交流電動機の制御方法。

50 【請求項 2 0】 請求項 9 記載の交流電動機の電動機の

制御装置において、

前記始動管理回路は、強制的に電流指令を零にして、前記電流制御回路により、前記電流検出値を零にするような前記電圧指令を演算し、前記電圧指令が設定された電圧レベルより大きい場合には、前記電圧指令の位相の時間変化により、前記速度推定回路が前記交流電動機の手速度を推定し、前記電力変換器を始動する時の初期値として、前記電圧指令の大きさと位相と前記交流電動機の手速度推定値に相当する周波数を設定し、始動することを特徴とする交流電動機の制御装置。

【請求項21】 請求項9記載の交流電動機の制御装置において、

前記始動管理回路は、強制的に電流指令を零にして、前記電流制御回路により、前記電流検出値を零にするような前記電圧指令を演算し、その電圧レベルが設定された電圧レベルより低い場合には、電流指令値を零から設定されたレベルの直流電流指令あるいは設定したレベルの直流電圧指令を設定された時間印加し、前記速度推定回路が電流検出値に表れる周波数成分を検出し、この周波数成分を交流電動機の手速度と推定して、前記電力変換器を始動する時の初期値として、前記交流電動機の手速度推定値に相当する周波数を設定して始動することを特徴とする交流電動機の制御装置。

【請求項22】 請求項9記載の交流電動機の電動機の制御装置において、

前記始動管理回路は、強制的に電流指令を零にして、前記電流制御回路により、前記電流検出値を零にするような前記電圧指令を演算し、前記電圧指令が設定された電圧レベルより低い場合には、電流指令値を零から設定されたレベルの直流電流指令値に変更し、設定された時間印加し、その後電流指令の符号をと大きさを変更して、設定された時間印加する。このとき、前記速度推定回路が電流検出値に表れる周波数成分を検出し、この周波数成分を交流電動機の手速度と推定して、前記電力変換器を始動する時の初期値として、前記交流電動機の手速度推定値に相当する周波数を設定して始動することを特徴とする交流電動機の制御装置。

【請求項23】 請求項9記載の交流電動機の電動機の制御装置において、

前記始動管理回路は、強制的に電流指令を零にして、前記電流制御回路により、前記電流検出値を零にするような前記電圧指令を演算し、前記電圧指令が設定された電圧レベルより低い場合には、電流制御することをやめ、任意の方向に直流電圧指令を設定された時間印加し、その後前記直流電圧の指令方向と180°位相を変えた方向に任意の大きさの電流指令を与え、設定された時間再び電流制御する。このとき、前記速度推定回路が電流検出値に表れる周波数成分を検出し、この周波数成分を交流電動機の手速度と推定して、前記電力変換器を始動する時の初期値として、前記交流電動機の手速度推定値に相当

する周波数を設定して始動することを特徴とする交流電動機の制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、交流電圧を出力する可変速制御装置により交流電動機を可変速させる交流電動機の制御方法に関するもので、特に、停電復帰後等の交流電動機のスムーズな始動のできる制御方法および装置に関するものである。

10 【0002】

【従来の技術】 従来、交流電動機を速度制御するために、出力電圧Vと出力周波数fの比を一定にするV/f一定制御方式が知られている。更に、近年では、より高精度に交流電動機を制御するべく、交流電動機に供給される一次電流を、トルクに直接関与する励磁電流（磁束を発生させる電流）とトルク電流（トルクを発生させる電流）とでそれぞれ独立に制御するベクトル制御が実用化されている。しかしながら、従来の制御方式では、連続運転中は安定な制御が行われているが、ひとたび交流電動機の運転中に瞬停（瞬時停電）が発生して瞬停再始動を行うような場合、交流電動機の残留電圧と可変速制御装置の電圧指令の位相が合わないと、交流電動機の手速度を急変させたり、交流電動機のスリップが増大したりして過大な電流が流れるなどしてトリップするような危険がある。これを防止するためには交流電動機の残留電圧と可変速制御装置の電圧指令の位相を合わせて再運転を行う必要があるが、位相を合わせるのがなかなか困難である。このため、交流電動機の残留電圧がなくなつてから、交流電動機の角速度と可変速制御装置の出力周波数を速度検出器から算出するとか、交流電動機の残留電圧を電圧検出器で検出し、その周波数成分から算出するとかして、残留電圧と出力電圧指令信号の位相を一致させ、再運転していたので、瞬停復電後の再始動に時間がかかったり、スムーズな再運転が難しいという問題があった。このように交流電動機をスムーズに始動するためには、残留電圧がなくなるのを待つ必要があったり、速度検出器や電圧検出器といった検出器が必要であるという問題があった。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】 そこで、本発明は、瞬停復帰後等に交流電動機の残留電圧の位相と角速度を精度良く測定すること等により、迅速、且つ、スムーズに再運転できる交流電動機の制御方法を提供することを目的としている。

【0004】

【課題を解決するための手段】 上記目的を達成するため、請求項1記載の発明は、交流電動機へ電力を出力する電力変換器を有し、電流指令信号と前記電力変換器の出力電流検出信号の偏差信号に基づいて、前記電力変換器の出力電流を制御する電流制御部を備え、前記交流電

動機がフリーラン状態にある場合に、前記交流電動機の電流をゼロにするように強制的に前記電流指令信号をゼロとして電流制御し、この時の前記電流制御部出力を用いて演算する出力電圧指令信号を基に、前記交流電動機の残留電圧の大きさと位相および角速度を求めることを特徴としている。また、請求項2記載の発明は、請求項1記載の交流電動機の制御方法において、前記出力電圧指令信号を基に前記交流電動機の残留電圧の位相および角速度を求める際に、信号保持手段を設け、交流電動機がフリーランする直前の位相指令信号と前記出力電圧指令信号の位相信号との加算値より前記残留電圧の大きさと位相および角速度を求めることを特徴としている。この交流電動機の制御方法によれば、交流電動機がフリーラン状態にある場合に、交流電動機の電流がゼロとなるように制御すると、この結果交流電動機の残留電圧が電圧指令信号に現れることを利用し、この電圧指令信号の位相および角周波数を基にフリーラン状態にある交流電動機の残留電圧の大きさと位相および角速度が求められる。それによって、復電後のスムーズな速度復帰が容易になる。また、残留電圧の位相および角速度を求める際に、信号保持手段を設け、交流電動機がフリーランする直前の位相指令信号と前記出力電圧指令信号の位相信号との加算値より前記残留電圧の位相および角速度を求めるので、位相指令信号の不連続がなくなり機械的なショック発生等の不都合を防止できる。また、請求項3記載の交流電動機の制御方法の発明は、電力変換器で交流電動機へ任意の電力を出力し、前記電動機に供給される電流を電流検出回路で検出し、与えられた電流指令と前記電流検出回路で検出した電流検出値が一致するように電流制御回路で制御し、前記電流制御回路から出力する電圧指令から前記電力変換器のスイッチングを決定する制御方法において、始動時に前記電力変換器を正常に運転するように始動管理回路で管理し、フリーラン状態の前記交流電動機を速度を速度推定回路で推定すること

特徴としている。そして、請求項6記載の発明は、請求項3～5のいずれか1項記載の電動機の制御方法において、前記始動管理回路が、強制的に電流指令を零にして、前記電流制御回路により、前記電流検出値を零にするような前記電圧指令を演算し、その電圧レベルが設定された電圧レベルより低い場合には、電流指令値を零から設定されたレベルの直流電流指令を設定された時間印加した後、再度強制的に電流指令を零にして、前記電流制御回路により、前記電流検出値を零にするような前記電圧指令を演算した場合にも、その電圧レベルが設定された電圧レベルより低い場合には前記速度推定回路が前記交流電動機が停止していると推定すること

10 特徴としている。また、請求項7記載の発明は、請求項1～6のいずれか1項記載の電動機の制御方法において、前記始動管理回路が、強制的に電流指令を零にして、前記電流制御回路により、前記電流検出値を零にするような前記電圧指令を演算し、前記電圧指令の時間変化により、前記速度推定回路が、推定した前記交流電動機

20 の速度と前記電圧指令の大きさと位相を初期値として交流電動機を始動すること

30 を特徴としている。さらに、請求項8記載の発明は、請求項1～7のいずれか1項記載の電動機の制御方法において、前記始動管理回路が、強制的に電流指令を零にして、前記電流制御回路により、前記電流検出値を零にするような前記電圧指令を演算し、前記電圧指令の時間変化により、前記速度推定回路が、推定した前記交流電動機

40 の速度と前記電圧指令の大きさと位相を初期値として交流電動機を始動する際に、前記電力変換器の出力する電圧指令の大きさが、前記交流電動機

50 の速度に対する正規の誘起電圧に相当する電圧レベルになるまで、徐々に電圧指令を増加していくことを特徴としている。また、請求項9記載の電動機の制御装置の発明は、交流電動機へ任意の電力を出力する電力変換器と、前記電動機に供給される電流を検出する電流検出回路と、与えられた電流指令と前記電流検出回路で検出した電流検出値が一致するように制御する電流制御回路と、前記電流制御回路から出力する電圧指令から電力変換器のスイッチングを決定する電動機の制御装置において、始動管理回路と、フリーラン状態の前記交流電動機

の速度を推定する速度推定回路を有することを特徴としている。そして、請求項10記載の発明は、請求項9記載の電動機の制御装置において、前記始動管理回路が、強制的に電流指令を零にして、前記電流制御回路により、前記電流検出値を零にするような前記電圧指令を演算し、前記電圧指令の時間変化により、前記速度推定回路が前記交流電動機

の速度を推定すること

を特徴としている。さらに、請求項11記載の発明は、請求項9又は10記載の電動機の制御装置において、前記始動管理回路が、強制的に電流指令を零にして、前記電流制御回路により、前記電流検出値を零にするような前記電圧指令を演算し、その電圧レベルが設定された電圧レベルより低い

場合には、電流指令値を零から設定されたレベルの直流電流指令を設定された時間印加した後、再度強制的に電流指令を零にして、前記電流制御回路により、前記電流検出値を零にするような前記電圧指令を演算し、前記速度推定回路が前記交流電動機を速度を推定することと特徴としている。また、請求項 1 2 記載の発明は、請求項 9 ~ 1 1 のいずれか 1 項記載の電動機の制御装置において、前記始動管理回路が、強制的に電流指令を零にして、前記電流制御回路により、前記電流検出値を零にするような前記電圧指令を演算し、その電圧レベルが設定された電圧レベルより低い場合には、電流指令値を零から設定されたレベルの直流電流指令を設定された時間印加した後、再度強制的に電流指令を零にして、前記電流制御回路により、前記電流検出値を零にするような前記電圧指令を演算した場合にも、その電圧レベルが設定された電圧レベルより低い場合には前記速度推定回路が前記交流電動機が停止していると推定することと特徴としている。さらに、請求項 1 3 記載の発明は、請求項 9 ~ 1 2 のいずれか 1 項記載の電動機の制御装置において、前記始動管理回路が、強制的に電流指令を零にして、前記電流制御回路により、前記電流検出値を零にするような前記電圧指令を演算し、前記電圧指令の時間変化により、前記速度推定回路が、推定した前記交流電動機を速度と前記電圧指令の大きさと位相を初期値として交流電動機を始動することと特徴としている。また、請求項 1 4 記載の発明は、請求項 9 ~ 1 3 のいずれか 1 項記載の電動機の制御装置において、前記始動管理回路が、強制的に電流指令を零にして、前記電流制御回路により、前記電流検出値を零にするような前記電圧指令を演算し、前記電圧指令の時間変化により、前記速度推定回路が、推定した前記交流電動機を速度と前記電圧指令の大きさと位相を初期値として交流電動機を始動する際に、前記電力変換器の出力する電圧指令の大きさが、前記交流電動機を速度に対する正規の誘起電圧に相当する電圧レベルになるまで、徐々に電圧指令を増加していくことと特徴としている。さらに、請求項 1 5 記載の発明は、請求項 3 記載の交流電動機の制御方法において、前記始動管理回路が、強制的に電流指令を零にして、前記電流制御回路により、前記電流検出値を零にするような前記電圧指令を演算し、前記電圧指令が設定された電圧レベルより大きい場合には、前記電圧指令の位相の時間変化により、前記速度推定回路が前記交流電動機を速度を推定し、前記電力変換器を始動する時の初期値として、前記電圧指令の大きさと位相と前記交流電動機を速度推定値に相当する周波数を設定し、始動することと特徴としている。そして、請求項 1 6 記載の交流電動機の制御方法の発明は、交流電動機へ電力を出力する電力変換器を有し、電流指令信号と前記電力変換器の出力電流検出信号の偏差信号に基づいて、前記電力変換器の出力電流を制御する電流制御部を備え、前記交流電動機がフリーラン

状態にある場合に、前記交流電動機に任意の直流電流を設定した時間供給し、前記電力変換器の出力電流検出信号に表れる周波数成分を検出し、この周波数成分から前記交流電動機を速度を推定することと特徴とする。そして、請求項 1 7 記載の発明は、請求項 3 の交流電動機の制御方法において、前記始動管理回路が、強制的に電流指令を零にして、前記電流制御回路により、前記電流検出値を零にするような前記電圧指令を演算し、その電圧レベルが設定された電圧レベルより低い場合には、電流指令値を零から設定されたレベルの直流電流指令あるいは設定したレベルの直流電圧指令を設定された時間印加し、前記速度推定回路が電流検出値に表れる周波数成分を検出し、この周波数成分を交流電動機を速度と推定して、前記電力変換器を始動する時の初期値として、前記交流電動機を速度推定値に相当する周波数を設定して始動することと特徴としている。また、請求項 1 8 記載の発明は、請求項 3 記載の交流電動機の電動機の制御方法において、前記始動管理回路が、強制的に電流指令を零にして、前記電流制御回路により、前記電流検出値を零にするような前記電圧指令を演算し、前記電圧指令が設定された電圧レベルより低い場合には、電流指令値を零から設定されたレベルの直流電流指令値に変更し、設定された時間印加し、その後電流指令の符号をと大きさを変更して、設定された時間印加する。このとき、前記速度推定回路が電流検出値に表れる周波数成分を検出し、この周波数成分を交流電動機を速度と推定して、前記電力変換器を始動する時の初期値として、前記交流電動機を速度推定値に相当する周波数を設定して始動することと特徴としている。さらに、請求項 1 9 記載の発明は、請求項 3 記載の交流電動機の電動機の制御方法において、前記始動管理回路が、強制的に電流指令を零にして、前記電流制御回路により、前記電流検出値を零にするような前記電圧指令を演算し、前記電圧指令が設定された電圧レベルより低い場合には、電流制御することをやめ、任意の方向に直流電圧指令を設定された時間印加し、その後前記直流電圧の指令方向と 1 8 0 ° 位相を変えた方向に任意の大きさの電流指令を与え、設定された時間再び電流制御する。このとき、前記速度推定回路が電流検出値に表れる周波数成分を検出し、この周波数成分を交流電動機を速度と推定して、前記電力変換器を始動する時の初期値として、前記交流電動機を速度推定値に相当する周波数を設定して始動することと特徴としている。さらに、請求項 2 0 記載の発明は、請求項 9 記載の交流電動機の電動機の制御装置において、前記始動管理回路が、強制的に電流指令を零にして、前記電流制御回路により、前記電流検出値を零にするような前記電圧指令を演算し、前記電圧指令が設定された電圧レベルより大きい場合には、前記電圧指令の位相の時間変化により、前記速度推定回路が前記交流電動機を速度を推定し、前記電力変換器を始動する時の初期値として、前記



電圧指令の大きさと位相と前記交流電動機の手速度推定値に相当する周波数を設定し、始動することを特徴としている。そして、請求項2記載の発明は、請求項9記載の交流電動機の制御装置において、前記始動管理回路が、強制的に電流指令を零にして、前記電流制御回路により、前記電流検出値を零にするような前記電圧指令を演算し、その電圧レベルが設定された電圧レベルより低い場合には、電流指令値を零から設定されたレベルの直流電流指令あるいは設定したレベルの直流電圧指令を設定された時間印加し、前記速度推定回路が電流検出値に表れる周波数成分を検出し、この周波数成分を交流電動機の手速度と推定して、前記電力変換器を始動する時の初期値として、前記交流電動機の手速度推定値に相当する周波数を設定して始動することを特徴としている。また、請求項2記載の発明は、請求項9記載の交流電動機の電動機の制御装置において、前記始動管理回路が、強制的に電流指令を零にして、前記電流制御回路により、前記電流検出値を零にするような前記電圧指令を演算し、前記電圧指令が設定された電圧レベルより低い場合には、電流指令値を零から設定されたレベルの直流電流指令値に変更し、設定された時間印加し、その後電流指令値の符号をと大きさを変更して、設定された時間印加する。このとき、前記速度推定回路が電流検出値に表れる周波数成分を検出し、この周波数成分を交流電動機の手速度と推定して、前記電力変換器を始動する時の初期値として、前記交流電動機の手速度推定値に相当する周波数を設定して始動することを特徴としている。そして、請求項23記載の発明は、請求項9記載の交流電動機の電動機の制御装置において、前記始動管理回路は、強制的に電流指令を零にして、前記電流制御回路により、前記電流検出値を零にするような前記電圧指令を演算し、前記電圧指令が設定された電圧レベルより低い場合には、電流制御することをやめ、任意の方向に直流電圧指令を設定された時間印加し、その後前記直流電圧の指令方向と180°位相を変えた方向に任意の大きさの電流指令を与え、設定された時間再び電流制御する。このとき、前記速度推定回路が電流検出値に表れる周波数成分を検出し、この周波数成分を交流電動機の手速度と推定して、前記電力変換器を始動する時の初期値として、前記交流電動機の手速度推定値に相当する周波数を設定して始動することを特徴としている。

#### 【0005】

【発明の実施の形態】以下、本発明について図面を用いて説明する。まず、本発明の第1の実施の形態について図1～図3を参照して説明する。図1は本発明の第1の実施の形態に係る交流電動機の手可変速制御装置のブロック図であり、図2は図1に示す2相/3相変換器の構成を示すブロック図である。また、図3は図1に示す交流電動機の手フリーラン状態時の動作波形を示す図である。図1において、この可変速制御装置には、3相交流電源

からの交流電源を直流化したのち、PWM制御方式によるインバータで任意の周波数と電圧の交流に再度変換し、この一次周波数および一次電圧を交流電動機9に供給する電力変換器1、外部から入力される速度指令信号 $\omega_{ref}$ が入力し、且つ、3相/2相変換器3が出力する励磁電流検出値 $i_{dfb}$ およびトルク電流検出値 $i_{qfb}$ から速度推定信号 $\omega_r$ を求める電流ベクトル制御回路2、交流電動機9への一次電流(U相電流 $i_u$ 、W相電流 $i_w$ )を検出して座標変換を行った励磁電流検出値 $i_{dfb}$ 及びトルク電流検出値 $i_{qfb}$ を送出する3相/2相変換器3、電流ベクトル制御回路2からの速度推定信号 $\omega_r$ から一次角周波数信号 $\omega_1$ に演算して出力する一次角周波数演算回路4、励磁電流指令値 $i_{dr}$ と3相/2相変換器3からの励磁電流検出値 $i_{dfb}$ とが一致するように設けられた、励磁電流方向電圧を制御する励磁電流制御回路(ACR<sub>d</sub>)5、電流ベクトル制御回路2が出力するトルク電流指令値 $i_{qr}$ と3相/2相変換器3が出力するトルク電流検出値 $i_{qfb}$ とが一致するように設けられた、トルク電流方向電圧を制御するトルク電流制御回路(ACR<sub>q</sub>)6、d軸電圧指令値 $V_{dr}$ とq軸電圧指令値 $V_{qr}$ とから、U、V、Wの各相の電圧指令信号( $V_{uref}$ 、 $V_{vref}$ 、 $V_{wref}$ )のPWM信号を生成して出力する2相/3相変換器7、一次角周波数演算回路4からの一次角周波数信号 $\omega_1$ に基づき交流電動機の手誘起電圧を補償するための誘起電圧指令信号 $E_{ref}$ を作成する $V/f$ 変換回路208、同じく一次角周波数演算回路4からの一次角周波数信号 $\omega_1$ を積算する積算器10、瞬停を検知後、再運転までを管理する瞬停検出再始動管理回路11、瞬停検出再始動管理回路11からの瞬停信号により、励磁電流指令値を切り替える磁化電流指令切替器12、同じく瞬停信号によりトルク電流指令値を切り替えるトルク電流指令切替器13、同じく瞬停信号により、位相指令信号を切り替える位相指令切替器14が設けられている。なお、励磁電流制御回路(ACR<sub>d</sub>)5の出力信号は、d軸電圧指令値 $V_{dr}$ となり、トルク電流制御回路(ACR<sub>q</sub>)6の出力信号と $V/f$ 変換回路208の出力信号 $E_{ref}$ の加算値は、q軸電圧指令値 $V_{qr}$ となる。又、積算器10の出力信号は、3相/2相変換器3および2相/3相変換器7へ、位相指令信号 $\theta$ として入力される。

【0006】図2において、2相/3相変換器7に入力されるd軸電圧指令値 $V_{dr}$ とq軸電圧指令値 $V_{qr}$ から、

$$|V_1| = (V_{dr}^2 + V_{qr}^2)^{1/2}$$

として出力電圧指令信号 $V_1$ の振幅 $|V_1|$ を演算する電圧指令振幅演算器70と、

$$\gamma = \tan^{-1}(V_{qr}/V_{dr})$$

として出力電圧指令信号 $V_1$ の位相信号 $\gamma$ を演算する電圧指令位相演算器71と、出力電圧指令信号 $V_1$ の振幅

$|V1|$ と位相 $\gamma$ および入力される位相指令信号 $\theta$ から、

$$V_{uref} = |V1| \times \cos(\theta + \gamma)$$

$$V_{vref} = |V1| \times \cos(\theta + \gamma + 120^\circ)$$

$$V_{wref} = |V1| \times \cos(\theta + \gamma + 240^\circ)$$

として、U、V、W各相の電圧指令信号 $V_{uref}$ 、 $V_{vref}$ 、 $V_{wref}$ に変換する電圧指令変換器72が設けられている。

【0007】つぎに動作について説明する。交流電動機9の電流がゼロの時の電圧指令信号は、交流電動機9の残留電圧と一致する。何故ならば、電流は電位差がある2点間に流れるものである。従って電力変換器1と交流電動機9間の電流がゼロということは、電力変換器1の出力電圧と交流電動機9の電圧には電位差がない、つまり、同じ電圧値であることを示している。この場合、直交する2軸、つまり励磁電流とトルク電流方向に分けて個別に電流制御を行っているので、直交する2軸の各成分電圧も、電力変換器1出力と交流電動機9の電圧は一致する。この結果、交流電動機9の残留電圧は直交する2軸のそれぞれの成分電圧は、d軸電圧指令値 $V_{dref}$ とq軸電圧指令値 $V_{qref}$ となって現れる点に着目して、本実施の形態では交流電動機9の残留電圧の位相、角速度を検出して瞬停時の再始動動作を行うものである。瞬停が発生してから復電により再始動する場合の具体的な動作は、瞬停再始動管理回路11が瞬時停電を検知すると、磁化電流指令切替器12、トルク電流切替器13、位相指令切替器14に瞬停信号を入力する。瞬停信号が入力されると、磁化電流指令切替器12は励磁電流指令値 $i_{dref}$ をゼロに切替え、同様にトルク電流切替器13はトルク電流指令値 $i_{qref}$ をゼロに切替え、位相指令切替器14は位相指令信号 $\theta$ をゼロに切り替える動作となる。従って、次式のような出力を行う。

$$i_{dref} = 0$$

$$i_{qref} = 0$$

$$\theta = 0$$

以上の動作の後、励磁電流制御回路5とトルク電流制御回路6により電流制御を行うと、交流電動機9の電流がゼロとなるように電流制御が行われる。電流制御により交流電動機9の電流がゼロになると、電圧は均衡して交流電動機9の残留電圧の直交する2軸の成分電圧は、d軸電圧指令値 $V_{dref}$ とq軸電圧指令値 $V_{qref}$ となって現れる。このd軸電圧指令値 $V_{dref}$ とq軸電圧指令値 $V_{qref}$ を入力とした、図2に示す電圧指令位相演算器71の出力 $\gamma$ は、交流電動機9の残留電圧の位相と一致するので、電圧指令位相演算器71の出力 $\gamma$ で交流電動機9の残留電圧の位相を、電圧指令位相演算器71の出力 $\gamma$ の単位時間あたりの変化量で残留電圧の角速度を容易に求めることができる。同様に、このd軸電圧指令値 $V_{dref}$ とq軸電圧指令値 $V_{qref}$ を入力とした。図2に示す電圧指令振幅演算器70の出力 $|V1|$ は、残留電圧の大きさに一致する。以上の動作が終了すると、瞬停再始動管理回路11は、電圧指令位相演算器71の出力 $\gamma$ を積算器10に初期値として設定し、電圧指令位相演算器71の出力 $\gamma$ の単位時間あたりの変化量を電流ベクトル制御回路2内の速度推定信号 $\omega_r$ に設定し、電圧指令振幅演算器70の出力 $|V1|$ を $V/f$ 変換回路208の出力の $E_{ref}$ に設定するとともに、瞬停信号の解除信号を、磁化電流指令切替器12、トルク電流切替器13、位相指令切替器14にそれぞれに入力する。磁化電流指令切替器12とトルク電流切替器13は、それぞれ電流ベクトル制御回路2の出力信号である各電流指令信号に励磁電流指令値 $i_{dref}$ 、トルク電流指令値 $i_{qref}$ を切替え、位相指令切替器14は積算器10の出力信号に位相指令信号 $\theta$ を切り替えた後、再運転し交流電動機9を継続駆動させる。

【0008】図3は、正回転方向にフリーランしている交流電動機9に対して、上のような動作原理を適用した場合の動作波形例であり、図3(a)は電圧指令信号波形であり、図3(b)は位相 $\gamma$ を示した図である。図3(a)に示すように、交流電動機9が正転の場合はd軸電圧指令値 $V_{dref}$ が、q軸電圧指令値 $V_{qref}$ に対して $90^\circ$ 位相が進み、それぞれの電圧信号の振幅は時間経過とともに減衰している。又、図3(b)の場合は、電圧指令位相演算器71の出力 $\gamma$ は正側に回転している場合である。又、図示していないが、交流電動機9が逆転している場合は、d軸電圧指令値 $V_{dref}$ はq軸電圧指令値 $V_{qref}$ に対し $90^\circ$ 位相遅れとなり、それぞれの電圧信号の振幅は時間経過とともに同様に減衰し、電圧指令位相演算器71の出力 $\gamma$ は逆側に回転する。なお、ここまでは、交流電動機9の電流がゼロになると、交流電動機9の残留電圧はd軸電圧指令値 $V_{dref}$ とq軸電圧指令値 $V_{qref}$ となって現れると説明したが、交流電動機9の電流が完全にゼロにならなくても位相、角速度の検出は可能である。

【0009】次に、本発明の第2の実施の形態について図4を参照して説明する。図4は本発明の第2の実施の形態に係る交流電動機の変速制御装置のブロック図である。図4に示す第2の実施の形態は、図1に示す前実施の形態の動作が、瞬停発生時に位相指令切替器14をゼロに切替えるために、位相指令信号 $\theta$ が不連続となつて、機械的ショックが発生したり、電力変換部1の直流電圧が過電圧となつて可変速制御装置がトリップする等の不都合が発生することがあるので、それらを回避するための改善例である。図4の第2の実施の形態で、図1と異なる構成は、瞬停再始動管理回路11が出力する瞬停信号により、位相指令信号 $\theta$ をゼロにする替わりに、新しく信号保持回路15を設けて、信号保持回路15に一次角周波数信号 $\omega_1$ を保持し、保持した値を $V/f$ 変換回路208と積分器10に入力するようにすること、及び、復電により再始動する際に、電圧指令位相演算器



71の出力 $\gamma$ で交流電動機9の位相を、出力 $\gamma$ の単位時間あたりの変化量で残留電圧の角速度を求める替わりに、電圧指令位相演算器71の出力 $\gamma$ と位相指令信号 $\theta$ の加算値で交流電動機9の残留電圧の位相を、出力 $\gamma$ と位相指令信号 $\theta$ の加算値の単位時間あたりの変化量で残留電圧の角速度を求めるようにすることである。なお、その他の図1と同一構成には同一符号を付して重複する説明は省略する。

【0010】つぎに動作について説明する。図4の構成においても、図1の場合と同様に、瞬停時には瞬停信号10によって磁化電流指令切替器12、トルク電流切替器13を電流ゼロに切替えて、励磁電流制御回路206とトルク電流制御回路6により交流電動機9の電流がゼロになるように電流制御が行われ、残留電圧の直交する2軸の電圧成分は、d軸電圧指令値 $V_{dref}$ とq軸電圧指令値 $V_{qref}$ として現れるので、図2に示すように、電圧指令位相演算器71の出力 $\gamma$ と位相指令信号 $\theta$ の加算値 $(\theta + \gamma)$ で交流電動機9の残留電圧の位相を、加算値 $(\theta + \gamma)$ の単位時間あたりの変化量で角速度を求める。このとき、一次角周波数 $\omega_1$ は、瞬停時に信号保持回路15で保持された側に切替えられるので、信号保持回路15からの一次角周波数信号 $\omega_1$ が積分器10に加わり、積分器10から連続的に位相指令信号 $\theta$ が出力されて加算値 $(\theta + \gamma)$ が得られる。この動作により、瞬停発生時の位相指令信号 $\theta$ の不連続動作はなくなるので、機械的ショックや可変速制御装置のトリップ等の発生は避けられる。又、復電後の再始動は、図1と同様な復帰手続きを行って、再運転し交流電動機9を駆動することにより、迅速でスムーズな再始動が可能となって、瞬停によるインバータ停止が生産ラインの設備全体の停止につながり、損害が拡大するような事態は回避できる。なお、本発明では、瞬停発生時の位相指令信号 $\theta$ の不連続をなくすために、保持回路15を設け、一次角周波数を保持するようにしたが、保持回路15の替わりに、指令切替器を設け、瞬停発生時に一次角周波数をゼロに切り替えても、位相指令信号 $\theta$ の不連続をなくすことができるので、本発明と同様な効果を得ることができる。また、本発明では、ここまで交流電動機9の励磁電流と、トルク電流を夫々独立に制御するベクトル制御を行う可変速制御装置として説明したが、 $V/f$ 一定制御を行う可変速制御装置においても、瞬停再始動時に交流電動機の励磁電流とトルク電流をそれぞれ独立に制御する電流制御部を付加すれば、全く同様な処理で本発明を適用できる。また、本発明では瞬停再始動時の動作として説明したが、長時間、交流電動機がフリーランし、既に残留電圧がなくなっている場合は、一度励磁電流を流して、交流電動機の磁束を立ち上げれば、同様な処理で本発明を実施できる。

【0011】次に、本発明の第3の実施の形態について説明する。図5は本発明における交流電動機の制御装置

の第3の実施形態の構成を示すブロック図である。本実施の形態における電動機の制御装置は、電力変換器201、交流電動機202、電流検出器203、電流座標変換回路204、トルク電流制御回路205、励磁電流制御回路206、位相演算回路207、 $V/f$ 変換回路208、出力電圧演算回路209、スイッチングパターン発生回路210、瞬停再始動管理回路211、速度推定回路212を備えている。電力変換器201は、パワー素子により三相交流を変換した直流電圧をPWM制御方式により任意の周波数 $f_1$ と電圧の交流に変換し、交流電動機202に供給する。電流検出器203は、前記交流電動機202に供給される電流を検出する。電流座標変換回路204は、前記電流検出器203で検出された電流をトルク電流検出値 $i_{qfb}$ と励磁電流検出値 $i_{dfb}$ に分離する。トルク電流制御回路205は、与えられたトルク電流指令値 $i_{qref}$ と前記トルク電流検出値 $i_{qfb}$ とが一致するように第1のq軸電圧指令値 $V'_{qref}$ を演算する。励磁電流制御回路206は、与えられた励磁電流指令値 $i_{dref}$ と前記励磁電流検出値 $i_{dfb}$ とが一致するようにd軸電圧指令値 $V_{dref}$ を演算する。位相演算回路207は、与えられた周波数 $f_1$ を積分することにより、位相 $\theta$ を演算する。 $V/f$ 変換回路208は、前記与えられた周波数 $f_1$ から、交流電動機の誘起電圧に相当する電圧 $e$ を演算する。出力電圧演算回路209は、前記トルク電流制御回路205の出力である第1のq軸電圧指令値 $V'_{qref}$ と前記 $V/f$ 変換回路208の出力である電圧 $e$ を加算し、第2のq軸電圧指令値 $V_{qref}$ を演算し、前記第2のq軸電圧指令値 $V_{qref}$ と前記d軸電圧指令値 $V_{dref}$ とから、出力電圧指令値 $V_{1ref}$ とその電圧位相 $\theta_v$ を出力する。スイッチングパターン発生回路210は、前記出力電圧指令値 $V_{1ref}$ 及び前記電圧位相 $\theta_v$ と前記位相 $\theta$ を加算した電力変換器出力位相 $\theta_{deg}$ から、電力変換器1のスイッチングパターンを決定する。瞬停再始動管理回路211は、瞬時停電を検出した後、電源が復旧して再始動する場合や運転指令が入力され始動する場合に、前記電力変換器201を正常に運転するように管理する。速度推定回路212は、フリーラン状態の交流電動機2の速度 $f_r$ を推定する回路である。

【0012】次に、瞬停発生時の再始動方法の動作原理を説明する前に、図6の残留電圧の軌跡と電圧指令及び位相の関係を使って、フリーラン状態の交流電動機202の速度を推定する方法について説明する。通常運転中に瞬停等でフリーラン状態の交流電動機202は、残留電圧を発生し、その電圧の軌跡は図6の左図のように交流電動機202の回転速度で回転する。このため、交流電動機202の状態と無関係に電力変換器201を運転し始めると、交流電動機202と電力変換器201との間に電流が流れる。しかし、交流電動機202の残留電

圧と電力変換器の出力電圧の大きさ、位相、周波数が一致すれば、電流が流れなくなる。電力変換器201と交流電動機202の間に流れる電流を零にするためには、トルク電流指令値 $i_{qref}$ と励磁電流指令値 $i_{dref}$ と周波数 $f_1$ を零に設定し、トルク電流制御回路205、励磁電流制御回路206で、交流電動機202に流れるトルク電流検出値 $i_{qfb}$ と励磁電流検出値 $i_{dfb}$ がそれぞれ指令値に一致するように制御すればよい。これを零電流制御と呼ぶ。零電流制御時のトルク電流制御回路205、励磁電流制御回路206の出力である第1のq軸電圧指令値 $V'_{qref}$ 、d軸電圧指令値 $V_{dref}$ は、図6(b)上側図のように交流電動機202の回転速度に一致した周波数 $f_1$ の正弦波状の電圧指令値となる。周波数 $f_1$ を零に設定すると、位相演算回路207から出力される位相 $\theta$ は固定され、 $V/f$ 変換回路208から出力される電圧 $E_{ref}$ は零になる。出力電圧演算回路209は、前記第1のq軸電圧指令値 $V'_{qref}$ と前記d軸電圧指令値 $V_{dref}$ を入力とし、出力電圧指令値 $V_{1ref}$ とその電圧位相 $\theta_v$ を出力する。前記出力電圧指令値 $V_{1ref}$ は残留電圧の大きさを表し、前記電圧位相 $\theta_v$ は残留電圧の位相を表す。このため、図6(b)下側図のように、この残留電圧の位相の時間変化を、一定時間毎に測定することで、前記速度推定回路212は残留電圧の周波数を測定する。前記残留電圧の周波数は、前記交流電動機202の回転速度に一致するため、フリーラン状態の交流電動機202の回転速度を推定することができる。図6は前記交流電動機が正転している場合について考えたが、前記交流電動機が逆転している場合には、残留電圧の位相の回転方向が異なるだけで同様に考えることができる。これを図7に示す。このように、残留電圧を観測すれば、交流電動機の回転方向を含めて、回転速度を推定できる。

【0013】次に、瞬停が発生してから復電により再始動する場合の動作について説明する。前記交流電動機202を運転中に瞬停が発生すると、電力変換器201は運転を停止し、交流電動機202はフリーラン状態となる。電源が復帰し、電力変換器201が運転可能な状態になると、瞬停再始動回路211がトルク電流指令値 $i_{qref}$ と励磁電流指令値 $i_{dref}$ と周波数 $f_1$ を強制的に零とする。そして、前記零電流制御を実施して、前記出力電圧演算回路209から前記交流電動機202の残留電圧の大きさと位相である出力電圧指令値 $V_{1ref}$ とその電圧位相 $\theta_v$ を演算する。瞬停再始動管理回路211は、前記出力電圧演算回路209が出力する出力電圧指令値 $V_{1ref}$ が任意に設定された電圧レベルよりも大きい場合には、電圧位相 $\theta_v$ を入力として、前記速度推定回路212は、交流電動機の回転速度の推定値 $f_r$ を出力することを管理する。前記出力電圧演算回路209が出力する出力電圧指令値 $V_{1ref}$ が任意に

設定された電圧レベルよりも小さい場合には、前記交流電動機202が停止または低速度で回転しているために、前記出力電圧指令値 $V_{1ref}$ が小さいのか、前記交流電動機は高速度で回転しているが、瞬停時間が交流電動機の二次時定数に比べ長いために残留電圧が小さくなってしまったのか、判断できない。そのため、瞬停再始動管理回路211は、任意に設定した時間、任意のレベルの直流電流を流し、再励磁を試みて、もう一度、前記零電流制御を実施して、前記出力電圧演算回路209から前記交流電動機202の残留電圧の大きさと位相である出力電圧指令値 $V_{1ref}$ とその電圧位相 $\theta_v$ を演算する。そして、瞬停再始動管理回路211は、前記出力電圧演算回路209が出力する出力電圧指令値 $V_{1ref}$ が任意に設定された電圧レベルよりも大きい場合には、電圧位相 $\theta_v$ を入力として、前記速度推定回路212は、交流電動機の回転速度の推定値 $f_r$ を出力することを管理する。

【0014】瞬停再始動管理回路211は、再励磁した後に、前記出力電圧演算回路209が出力する出力電圧指令値 $V_{1ref}$ が任意に設定された電圧レベルよりも小さい場合には、電圧位相 $\theta_v$ を入力として、前記速度推定回路212が、交流電動機は停止している判断することを管理する。瞬停再始動管理回路211は、前記のように前記出力電圧演算回路209が出力する出力電圧指令値 $V_{1ref}$ を観察して、速度推定回路212が交流電動機202の速度を推定値の出力すると、零電流制御をやめて、通常運転状態に入る。零電流制御状態から通常運転に移行する場合に、周波数 $f_1$ だけ一致させて前記電力変換器201を始動しても、前記交流電動機には過大な電流が流れたりして、スムーズな始動ができない可能性がある。これを防止するためには、零電流制御中の残留電圧の大きさと位相が通常制御に移行する瞬間にも連続すれば良い。瞬停再始動管理回路211は、電力変換器の出力電圧指令値 $V_{1ref}$ 及び電力変換器出力位相 $\theta_{deg}$ 及び出力周波数 $f_1$ に初期値を設定することを管理する。前記電力変換器の出力電圧指令値 $V_{1ref}$ は零電流制御中に前記出力電圧演算回路209により演算された出力電圧指令値 $V_{1ref}$ を設定する。ここで、零電流制御により測定した残留電圧は、交流電動機202の誘起電圧 $e$ であるので、前記 $V/f$ 変換器208の出力電圧 $E_{ref}$ の初期値として、零電流制御中に前記出力電圧演算回路209により演算された出力電圧指令値 $V_{1ref}$ を設定する。前記出力周波数 $f_1$ の初期値は、前記速度推定回路212が出力する交流電動機202の回転速度の推定値 $f_r$ を設定する。通常運転状態では、前記電力変換器出力位相 $\theta_{deg}$ は交流電動機202の磁束の位相を基準にして制御するが、零電流制御中は交流電動機202の誘起電圧 $e$ の位相を出力しているため、正転の場合には90度位相が進んでいて、逆転の場合には90度位相が遅れている。従って、前記電

力変換器出力位相  $\theta_{deg}$  の初期値は、零電流制御の最後の位相から回転方向に応じて 90 度位相を修正した後、前記速度推定回路 212 が出力する交流電動機 202 の回転速度の推定値  $f_r$  で位相が進んでいる分を補正した値を設定する。瞬停再始動管理回路 211 は、前記  $V/f$  変換器 208 の出力電圧  $E_{ref}$  の初期値が、その交流電動機 202 の正規の誘起電圧より小さい場合には、正規の誘起電圧に相当するまで、徐々に増加させることを管理する。以上の動作が終了すると、通常運転状態となるため、瞬停再始動管理回路 211 の動作は終了する。

【0015】また、図 8 は本発明における交流電動機の制御装置の第 4 の実施形態の構成を示すブロック図である。本実施形態における電動機の制御装置は、電力変換器 201、交流電動機 202、電流検出器 203、電流座標変換回路 204、トルク電流制御回路 205、励磁電流制御回路 206、位相演算回路 207、 $V/f$  変換回路 208、出力電圧演算回路 209、スイッチングパターン発生回路 210、瞬停再始動管理回路 211、速度推定回路 212 B を備えている。第 4 の実施形態では、第 3 の実施形態とほぼ同じ構成であるので、説明は省略する。第 3 の実施形態の速度推定回路 212 A と第 4 の実施形態の速度推定回路 212 B は、入力異なるだけで、機能は同じである。

【0016】次に、図 9 の交流電動機に d 軸電圧を与えた場合の電流検出値の変化を使って、残留電圧がない場合のフリーラン状態の交流電動機 202 の速度を推定する方法について説明する。瞬停等でフリーラン状態の交流電動機 202 は、残留電圧を発生するが、瞬停時間が交流電動機の 2 次回路時定数よりも長い場合には、残留電圧がなくなってしまう。この場合には、第 3 の実施形態では交流電動機の速度を推定することはできない。そこで、第 4 の実施形態では、フリーラン中の交流電動機に励磁電流を流し、磁束を立ち上げる際の過度的にロータに流れる二次電流の周波数  $f_1$  を検出して、交流電動機の速度を推定するものである。まず、交流電動機を励磁するため、励磁電流指令  $i_{dref}$  はある設定した値を、トルク電流指令には零をそれぞれ与え、励磁電流制御回路 206 で励磁電流検出値  $i_{dfb}$  を励磁電流指令  $i_{dref}$  に一致させるように制御する。モータ速度情報を得るためにトルク電流制御回路 205 は制御しない。仮に、モータが停止している状態であれば、d 軸に必要な電圧は一次抵抗降下分であるので、d 軸電圧指令  $V_d^*$  に一次抵抗降下分を初期値として与え、q 軸電圧指令  $V_q^*$  は零とする。交流電動機 2 の速度がわからないので、周波数も零とする。これは任意の位相に直流電圧指令  $V_{dref}$  を与えていることと等価である。この時、交流電動機 2 が回転していると、トルク電流検出値  $i_{qfb}$  は図 9 のように変化する。トルク電流検出値  $i_{qfb}$  の周波数はフリーラン中の交流電動機 202 の速

度と一致する。このトルク電流検出値  $i_{qfb}$  の周波数を計測することにより、交流電動機 202 の速度を検出できる。

【0017】図 9 は前記交流電動機が正転している場合について考えたが、前記交流電動機が逆転している場合には、励磁電流検出値  $i_{dfb}$  とトルク電流検出値  $i_{qfb}$  の位相の関係が異なる。これを図 10 に示す。このように、正転の場合には、励磁電流検出値  $i_{dfb}$  の方がトルク電流検出値  $i_{qfb}$  より進み、逆転の場合には、励磁電流検出値  $i_{dfb}$  の方がトルク電流検出値  $i_{qfb}$  より遅れる。このように、直流電圧を印加することで、交流電動機の回転方向を含めて、回転速度を推定できる。モータのフリーラン速度が低い場合には、励磁電流検出値  $i_{dfb}$  にはほとんど振幅が発生しなくなるため、この方法だけでは回転方向を検出できなくなる。しかし、モータが回転している場合には、トルク電流検出値  $i_{qfb}$  に正弦波状の信号が表れる。正転の場合には正弦波状の信号が 180 度位相から始まり、逆転の場合には 0 度位相から始まる。このように、どちらの位相から始まったかで、回転方向を検出できる。

【0018】次に、瞬停が発生してから復電により再始動する場合の動作について説明する。前記交流電動機 202 を運転中に瞬停が発生すると、電力変換器 201 は運転を停止し、交流電動機 202 はフリーラン状態となる。電源が復帰し、電力変換器 201 が運転可能な状態になると、瞬停再始動回路 211 がトルク電流指令値  $i_{qref}$  と励磁電流指令値  $i_{dref}$  と周波数  $f_1$  を強制的に零とする。そして、前記零電流制御を実施して、前記出力電圧演算回路 209 から前記交流電動機 2 の残留電圧の大きさと位相である出力電圧指令値  $V_{1ref}$  とその電圧位相  $\theta_v$  を演算する。前記出力電圧演算回路 209 が出力する出力電圧指令値  $V_{1ref}$  が任意に設定された電圧レベルよりも小さい場合には、前記交流電動機 202 が停止または低速度で回転しているために前記出力電圧指令値  $V_{1ref}$  が小さいのか、それとも前記交流電動機は高速度で回転しているが瞬停時間が交流電動機の 2 次時定数に比べ長いために残留電圧が小さくなってしまったのか、どちらであるのかについて瞬停再始動管理回路 211 は判断ができない。そのため、瞬停再始動管理回路 211 は、任意に設定した時間、任意のレベルの直流電圧を印加することで、直流電流を流し、励磁電流検出値  $i_{dfb}$  及びトルク電流検出値  $i_{qfb}$  を前記速度推定回路 212 B に入力し、前記の方法により交流電動機の回転速度の推定値を出力することを管理する。瞬停再始動管理回路 211 は、速度推定回路 212 B が交流電動機 2 の速度推定値を出力すると、直流電圧を印加することをやめて、通常運転状態に入る。直流電圧印加状態から通常運転に移行する場合に、前記電力変換器 201 には速度推定回路 212 B が出力する速度推定値に相当する周波数  $f_1$  を設定すれば良いが、交流電

動機の回転速度に応じた誘起電圧である電圧指令を与えて始動すると、前記交流電動機には過大な電流が流れたりし、スムーズな始動ができない可能性がある。これを防止するために、瞬停再始動管理回路 2 1 1 は、前記  $V/f$  変換器 8 の出力電圧が、その交流電動機 2 0 2 の正規の誘起電圧に相当するまで、徐々に増加させることを管理する。

【0 0 1 9】上記の実施の形態では、励磁電流制御回路 2 0 6 のみを動作させることを考えたが、トルク電流制御回路 2 0 5 のみを動作させても良いし、どちらの電流制御回路も動作させなくても良い。また、直流電圧指令を  $q$  軸方向に与えても良い。

【0 0 2 0】次に、本発明の第 5 の実施の形態について、図面を参照して説明する。図 1 1 は本発明における交流電動機の制御装置の第 5 の実施形態の構成を示すブロック図である。本実施形態における電動機の制御装置は、電力変換器 2 0 1、交流電動機 2 0 2、電流検出器 2 0 3、電流座標変換回路 2 0 4、トルク電流制御回路 2 0 5、励磁電流制御回路 2 0 6、位相演算回路 2 0 7、 $V/f$  変換回路 2 0 8、出力電圧演算回路 2 0 9、スイッチングパターン発生回路 2 1 0、瞬停再始動管理回路 2 1 1、速度推定回路 2 1 2 を備えている。電力変換器 2 0 1 は、パワー素子により三相交流を変換した直流電圧を PWM 制御方式により任意の周波数と電圧の交流に変換し、交流電動機 2 0 2 に供給する。電流検出器 2 0 3 は、前記交流電動機 2 0 2 に供給される電流を検出する。電流座標変換回路 2 0 4 は、前記電流検出器 2 0 3 で検出された電流をトルク電流検出値  $i_q f b$  と励磁電流検出値  $i_d f b$  に分離する。トルク電流制御回路 2 0 5 は、与えられたトルク電流指令値  $i_q r e f$  と前記トルク電流検出値  $i_q f b$  とが一致するように第 1 の  $q$  軸電圧指令値  $V_q r e f$  を演算する。励磁電流制御回路 2 0 6 は、与えられた励磁電流指令値  $i_d r e f$  と前記励磁電流検出値  $i_d f b$  とが一致するように  $d$  軸電圧指令値  $V_d r e f$  を演算する。位相演算回路 2 0 7 は、与えられた周波数  $f_1$  を積分することにより、位相を演算する。 $V/f$  変換回路 2 0 8 は、前記与えられた周波数  $f_1$  から交流電動機の誘起電圧に相当する電圧  $E r e f$  を演算する。出力電圧演算回路 2 0 9 は、前記トルク電流制御回路 5 の出力である第 1 の  $q$  軸電圧指令値  $V_q r e f$  と前記  $V/f$  変換回路 2 0 8 の出力である電圧  $E r e f$  を加算し、第 2 の  $q$  軸電圧指令値  $V_q r e f$  を演算し、前記第 2 の  $q$  軸電圧指令値  $V_q r e f$  と前記  $d$  軸電圧指令値  $V_d r e f$  とから、出力電圧指令値  $V_1 r e f$  とその電圧位相  $\theta_v$  を出力する。スイッチングパターン発生回路 2 1 0 は、前記出力電圧指令値  $V_1 r e f$  及び前記電圧位相  $\theta_v$  と前記位相を加算した電力変換器出力位相  $\theta_d e g$  から、電力変換器 2 0 1 のスイッチングパターンを決定する。瞬停再始動管理回路 2 1 1 は、瞬時停電を検出した後、電源が復旧して再始動する場合や

運転指令が入力され始動する場合に、前記電力変換器 2 0 1 を正常に運転するように管理する。速度推定回路 2 1 2 は、フリーラン状態の交流電動機 2 0 2 の速度  $f_r$  を推定する回路である。次に、図 1 2 の交流電動機に  $d$  軸電圧を与えた場合の電流検出値の変化を使って、残留電圧がない場合のフリーラン状態の交流電動機 2 0 2 の速度を推定する方法について説明する。瞬停等でフリーラン状態の交流電動機 2 0 2 は、残留電圧を発生するが、瞬停時間が交流電動機の 2 次回路時定数よりも長い場合には、残留電圧がなくなってしまう。そこで、第 2 の実施形態では、フリーラン中の交流電動機に励磁電流を流し、磁束を立ち上げる際の過度的にロータに流れる二次電流の周波数を検出して、交流電動機 2 0 2 の速度を推定するものである。まず、交流電動機を励磁するため、励磁電流指令  $i_d r e f$  はある設定した値を、トルク電流指令  $i_q r e f$  には零をそれぞれ与え、励磁電流制御回路 2 0 6 で励磁電流検出値  $i_d$  を励磁電流指令  $i_d r e f$  に一致させるように設定された時間だけ制御する。その後、励磁電流指令  $i_d r e f$  の符号と大きさを変更して、設定された時間だけ制御する。モータ速度情報を得るためにトルク電流制御回路 2 0 5 は制御しない。 $d$  軸電圧指令  $V_d r e f$  と  $q$  軸電圧指令  $V_q r e f$  は零とする。交流電動機 2 0 2 の速度がわからないので、周波数も零とする。この時、交流電動機 2 0 2 が回転していると、トルク電流検出値  $i_q f b$  は図 1 2 のように変化する。励磁電流指令の符号が負の場合には、トルク電流検出値  $i_q f b$  は位相が 0 度から始まる正弦波に変化し、励磁電流指令の符号が正の場合には、トルク電流検出値  $i_q f b$  は位相が 1 8 0 度から始まる正弦波に変化する。このトルク電流検出値  $i_q f b$  の正弦波の周波数はフリーラン中の交流電動機 2 0 2 の速度と一致する。このトルク電流検出値  $i_q f b$  の周波数を計測することにより、交流電動機 2 0 2 の速度を検出できる。図 1 2 は前記交流電動機 2 0 2 が正転している場合について考えたが、前記交流電動機 2 0 2 が逆転している場合には、図 1 3 のような波形が得られる。このように、励磁電流指令  $i_d r e f$  の符号が正のときには、正転の場合にトルク電流検出値  $i_q f b$  は位相が 0 度から始まり、逆転の場合に、1 8 0 度の位相より始まる。このように、励磁電流指令  $i_d r e f$  を与え制御することで、交流電動機 2 0 2 の回転方向を含めて、回転速度を推定できる。次に、瞬停が発生してから復電により再始動する場合の動作について説明する。前記交流電動機 2 0 2 を運転中に瞬停が発生すると、電力変換器 2 0 1 は運転を停止し、交流電動機 2 0 2 はフリーラン状態となる。電源が復帰し、電力変換器 2 0 1 が運転可能な状態になると、瞬停再始動回路 2 1 1 がトルク電流指令値  $i_q r e f$  と励磁電流指令値  $i_d r e f$  と周波数  $f_1$  を強制的に零とする。そして、前記電流制御を実施して、前記出力電圧演算回路 2 0 9 から前記交流電動機 2 0 2 の残留電圧の大き

さ、位相である出力電圧指令値  $V_{1ref}$  とその電圧位相  $\theta_v$  を演算する。瞬停再始動管理回路 211 は、前記出力電圧演算回路 209 が出力する出力電圧指令値  $V_{1ref}$  が任意に設定された電圧レベルよりも小さい場合には、前記交流電動機 202 が停止または低速度で回転しているために、前記出力電圧指令値  $V_{1ref}$  が小さいのか、前記交流電動機は高速度で回転しているが、瞬停時間が交流電動機 202 の二次時定数に比べ長いために残留電圧が小さくなってしまったのか、判断できない。そのため、瞬停再始動管理回路 211 は、任意に設定した時間、励磁電流指令値  $i_{dref}$  に直流電流指令を与えた後、直流電流指令の符号と大きさを変え電流制御し、トルク電流検出値  $i_q$  を前記速度推定回路 212 に入力し、前記の方法により交流電動機 202 の回転速度の推定値を出力することを管理する。瞬停再始動管理回路 211 は、任意に設定された時間経過すると、電流制御するのを停止させ、速度推定回路 212 が交流電動機 202 の速度推定値を出力するので、通常運転状態に入る。直流電圧印加状態から通常運転に移行する場合に、前記電力変換器 201 には速度推定回路 212 が出力する速度推定値に相当する周波数を設定すれば良いが、交流電動機 202 の回転速度に応じた誘起電圧である電圧指令を与えて始動すると、前記交流電動機 202 には過大な電流が流れたりし、スムーズな始動ができない可能性がある。これを防止するために、瞬停再始動管理回路 11 は、前記  $V/f$  変換器 8 の出力電圧が、その交流電動機 202 の正規の誘起電圧に相当するまで、徐々に増加させることを管理する。上記実施例では、励磁電流制御回路 206 のみを動作させることを考えたが、トルク電流制御回路 205 のみを動作させても良いし、どちらの電流制御回路も動作させなくても良い。また、励磁電流指令値  $i_{dref}$  を与えて電流制御せずとも、直流電圧を印加することでも、同様の現象が発生するため、速度推定と回転方向検出が可能となる。また、残留電圧が全くない場合には、励磁電流指令値  $i_{dref}$  は 1 方向のみで良いが、残留電圧があると残留電圧の大きさと位相によって、一度目の励磁電流指令値  $i_{dref}$  のときの挙動が変わるため、モータ速度の検出は可能であるが、回転方向は二度目の励磁電流指令値  $i_{dref}$  のときに検出する。また、モータ速度が高い場合には、正転のとき励磁電流検出値  $i_{dfb}$  の方がトルク電流検出値  $i_{qfb}$  より進み、逆転のとき励磁電流検出値  $i_{dfb}$  の方がトルク電流検出値  $i_{qfb}$  より遅れる、ということを利用して回転方向を検出することができる。また、交流電動機 2 に流れる電流をトルク電流と励磁電流に分離して、それぞれ独立に制御する

ベクトル制御を行う電力変換装置として説明したが、 $V/f$  一定制御を行う電力変換装置においても、瞬停再始動時に交流電動機に流れる電流をトルク電流と励磁電流に分離して、をそれぞれ独立に制御する電流制御回路を

付加すれば、全く同様の処理で本発明を実施することができる。また、上記実施例では瞬停再始動時の動作として説明したが、長時間、交流電動機がフリーランしている状態で始動する場合にも、上記と同様の処理で本発明を実施することができる。このようにすれば、交流電動機に残留電圧があってもなくても、交流電動機を速度を推定することができるので、瞬停再始動時等に迅速に、かつ、スムーズに再運転が行えるという利点がある。

#### 【0021】

10 【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、交流電動機がフリーランにある場合に交流電動機の電流をゼロにするように強制的に電流制御し、この時の電流制御部出力を用いて演算する出力電圧指令信号を基に、交流電動機の残留電圧の位相および角速度を求めるので、残留電圧の位相と角速度が精度良く測定可能になり、瞬停再始動時等に迅速に、且つ、スムーズに再運転を行えるという効果がある。また、残留電圧の位相および角速度を求める際に、保持回路に事前の速度信号を保持して位相指令信号を加算した値より残留電圧の位相および角速度を求めるので、位相指令信号の連続性が保たれ機械性のショック、あるいは可変速制御装置のトリップ等の発生を防止して、安定な再運転が可能となる効果がある。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態に係る交流電動機の変速制御装置のブロック図である。

【図2】図1に示す2相/3相変換器の構成を示すブロック図である。

30 【図3】図1に示す交流電動機のフリーラン状態時の動作波形を示す図である。

【図4】本発明の第2の実施の形態に係る交流電動機の変速制御装置のブロック図である。

【図5】本発明の第3の実施の形態に係る交流電動機の制御装置のブロック図である。

【図6】交流電動機の残留電圧の軌跡と電流制御器の出力電圧指令及び位相（正転時）との関係を示す線図である。

40 【図7】交流電動機の残留電圧の軌跡と電流制御器の出力電圧指令及び位相（逆転時）との関係を示す線図である。

【図8】本発明の第4の実施の形態に係る交流電動機の制御装置のブロック図である。

【図9】交流電動機にd軸電圧を与えた場合の電流検出値の変化（正転）を示す線図である。

【図10】交流電動機にd軸電圧を与えた場合の電流検出値の変化（逆転）を示す線図である。

【図11】本発明の第5の実施の形態に係る交流電動機の制御装置のブロック図である。

50 【図12】交流電動機に励磁電流指令を与えた場合のトルク電流検出値の変化（正転）を示す線図である。

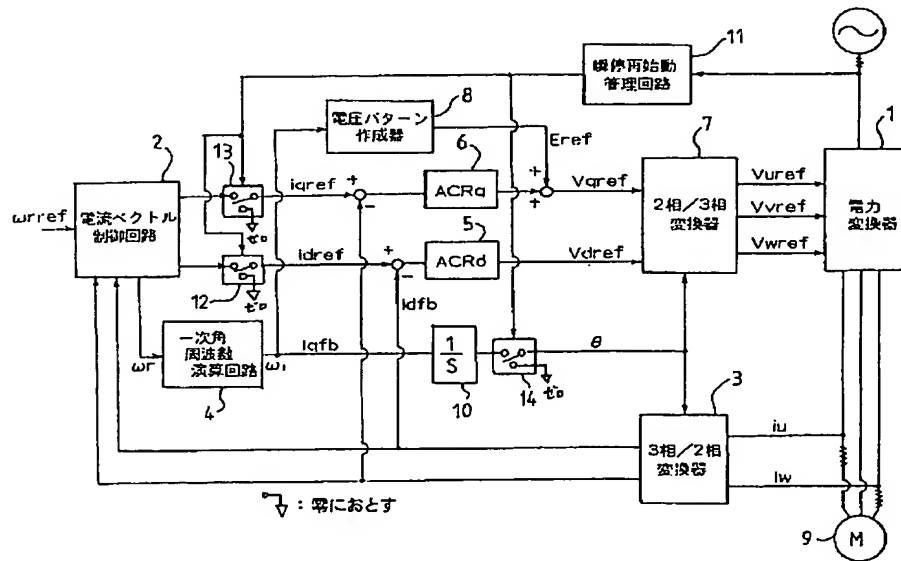
【図13】交流電動機に励磁電流指令を与えた場合のトルク電流検出値の変化(逆転)を示す線図である。

【符号の説明】

- 1 電力変換器
- 2 電流ベクトル制御回路
- 3 3相/2相変換器
- 4 一次角周波数演算回路
- 5 励磁電流制御回路
- 6 トルク電流制御回路
- 7 2相/3相変換器
- 8 電圧パターン作成器
- 9 交流電動機
- 10 積算器
- 11 瞬停再始動管理回路
- 12 磁化電流指令切替器
- 13 トルク電流切替器
- 14 位相指令切替器
- 15 信号保持回路

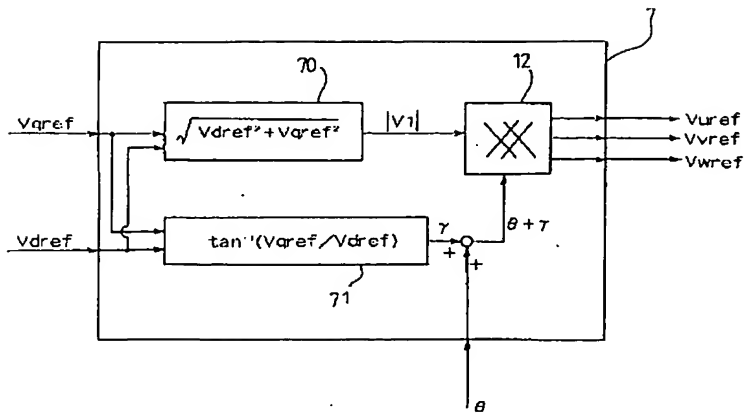
- 70 電圧指令振幅演算器
- 71 電圧指令位相演算器
- 72 電圧指令変換器
- 201 電力変換器
- 202 交流電動機
- 203 電流検出器
- 204 電流座標変換回路
- 205 トルク電流制御回路
- 206 励磁電流制御回路
- 10 207 位相演算回路
- 208 V/f変換回路
- 209 出力電圧演算回路
- 210 スwitchingパターン発生回路
- 211 瞬停再始動管理回路
- 212 速度推定回路
- 212A 速度推定回路(残留電圧がある場合)
- 212B 速度推定回路(残留電圧がない場合)

【図1】

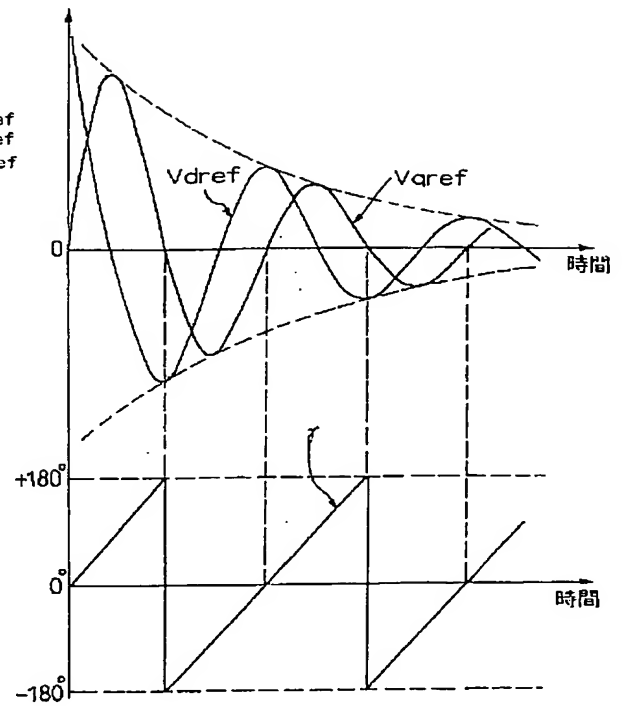




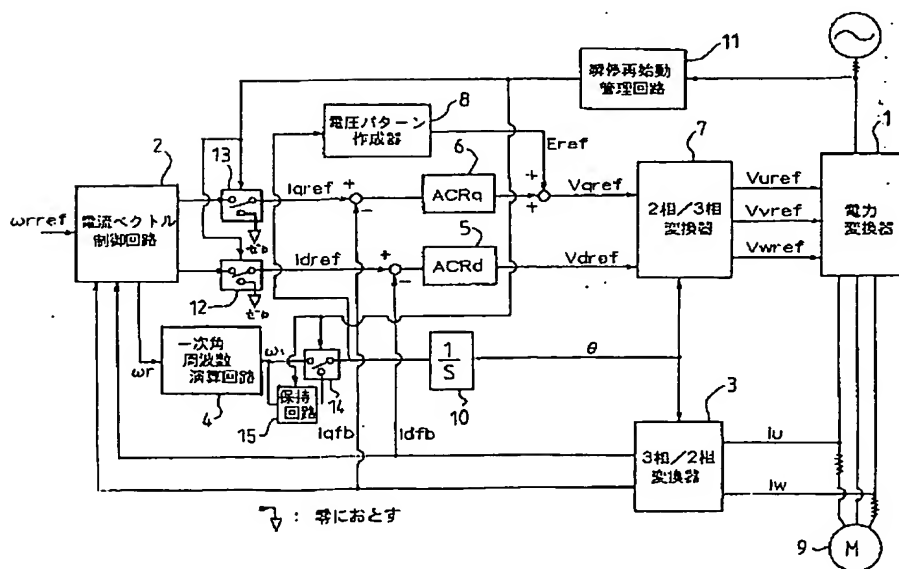
【図2】



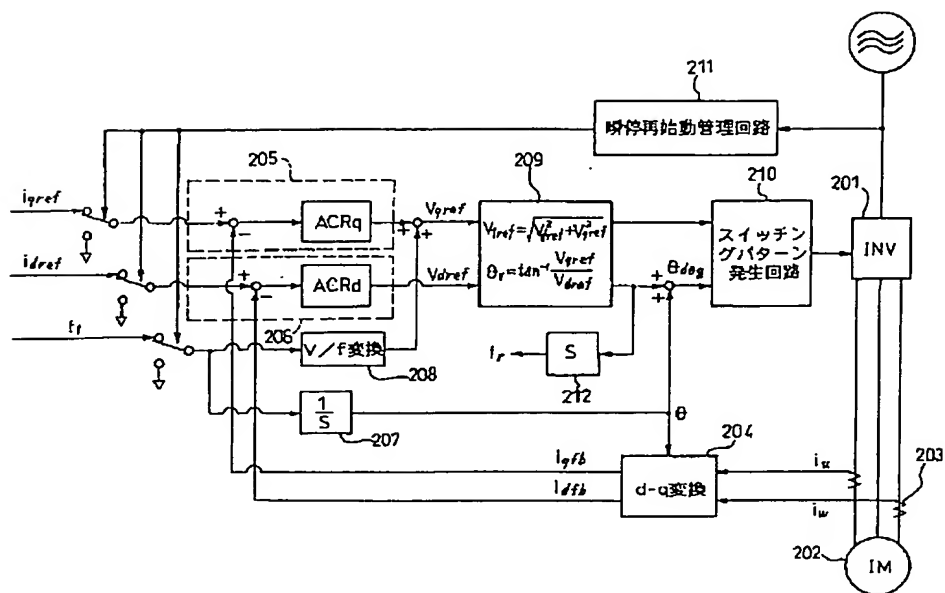
【図3】



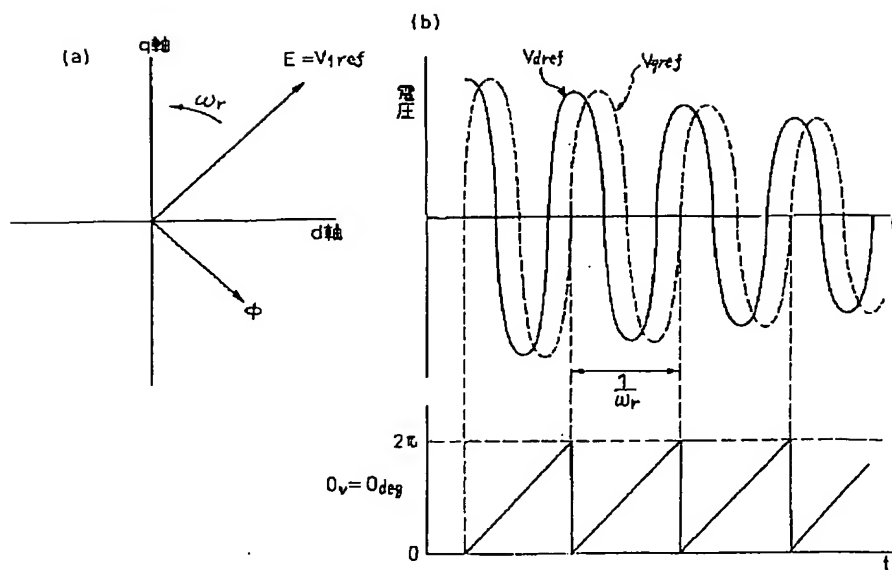
【図4】



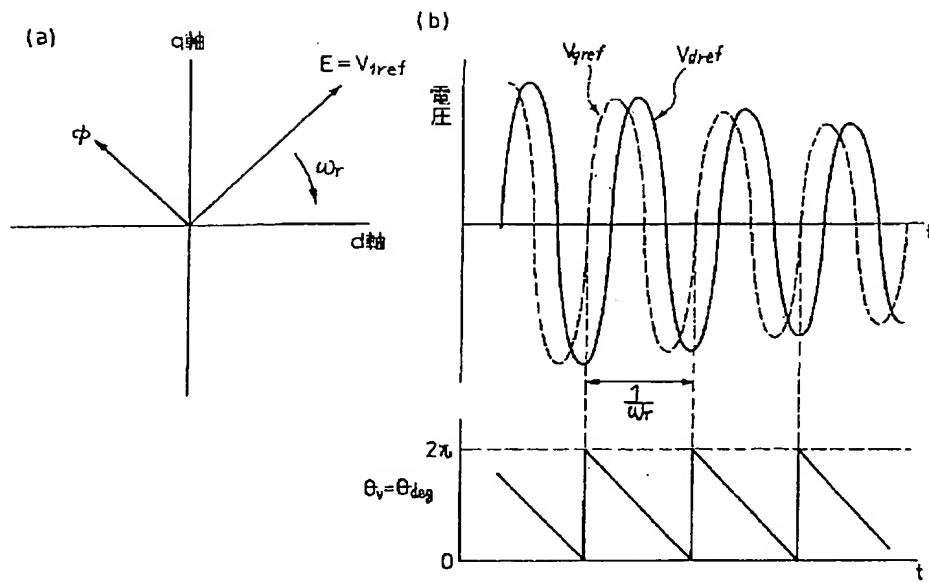
【図5】



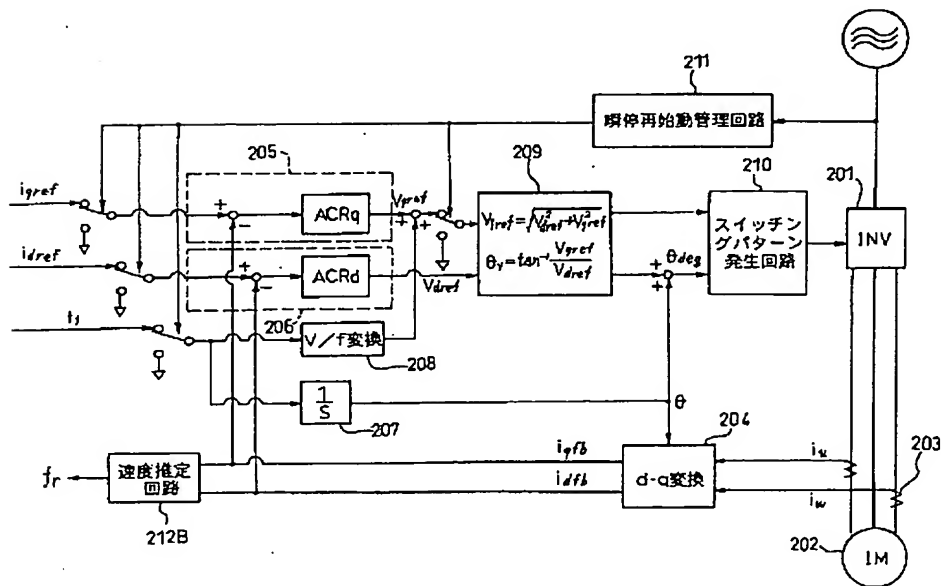
【図 6】



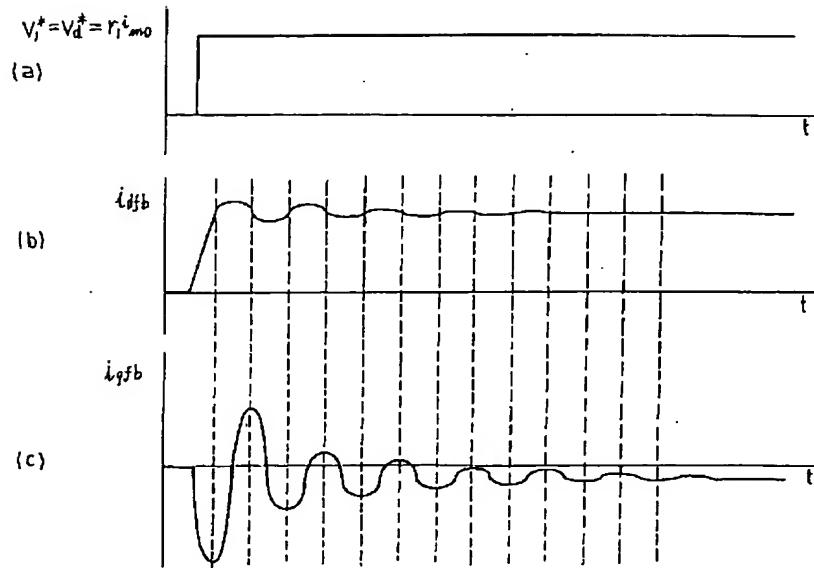
【図7】



【図8】



【图9】



【图10】

